

富山湾沿岸海域におけるシラエビ *Pasiphaea japonica* の初期生態を中心とした資源生態的研究

著者	南條 暢聡
号	49
学位授与機関	Tohoku University
学位授与番号	農第774号
URL	http://hdl.handle.net/10097/60239

なんじょう のぶあき

氏 名（本 籍 地） 南 條 暢 聡

学 位 の 種 類 博士（農学）

学 位 記 番 号 農第 774 号

学 位 授 与 年 月 日 平成 25 年 3 月 7 日

学 位 授 与 の 要 件 学位規則第 4 条第 2 項

論 文 題 目 富山湾沿岸海域におけるシラエビ *Pasiphaea japonica* の初期生態を中心と
した資源生態的研究

博士論文審査委員 （主査）教 授 片 山 知 史

教 授 吾 妻 行 雄

教 授 昆 野 安 彦

論文内容要旨

第1章 序論

シラエビ (*Pasiphaea japonica*) は、十脚目オキエビ科シラエビ属のエビであり、富山湾では4～11月の間、シラエビを専門に狙ったシラエビ漁業が営まれている。富山県におけるシラエビの漁獲量は、1952～1974年の平均は323 tであったが(土井, 1976)、近年では需要の高まりを受けて、年間600～700 tまで増加した(南條, 2008)。このことから、漁業関係者は、シラエビが乱獲状態に陥ることを懸念するようになってきており、資源管理に対する意識は高まりつつある。

資源管理を行う上において、資源の変動機構を把握することは重要であり、その基本的な情報となる生態的知見は必要不可欠である。しかしながら、これまでシラエビに関する生態的な知見は少なく、過去にシラエビの漁獲量が大きく減少した際もその原因は不明であった。

本研究では、富山湾におけるシラエビの資源変動機構を解明するため、①シラエビ幼生の形態や特性に関する調査、②幼生の分布に関する調査、③雌の繁殖生態に関する調査、④分布パターンおよび成長に関する調査、⑤食物生物に関する調査、⑥資源変動パターンに関する解析調査を行い、資源変動様式に関する知見を得ることを目的とする。

第2章 幼生の形態発達過程と生育条件について

シラエビの幼生は、雌から取り出した卵をふ化させることによって入手した。幼生の飼育試験は、5℃区 ($5.0 \pm 0.4^{\circ}\text{C}$ (平均値 \pm 標準偏差)), 10℃区 ($9.5 \pm 0.2^{\circ}\text{C}$), 13℃区 ($12.7 \pm 0.3^{\circ}\text{C}$) の3つの水温区を準備した。また、餌については、飼育水用に処置した時に得られた沈殿物、クロレラ *Chlorella* sp., 珪藻 *Pavlova lutheri*, シオミズツボムシ *Brachionus plicatilis* を使用し、コントロールとして無給餌区も用意した。

シラエビ幼生の発育段階は4段階であることが確認された。シラエビの幼生期間は、13℃区では8～13日、10℃区では19日間であった (Table 1)。一方、5℃区で飼育した幼生は、変態することなく全ての個体が死亡した。また、幼生は卵黄を持ち、餌の種類に関係なく成長して変態することが確認された。

第3章 富山湾沿岸海域における幼生の分布について

シラエビ幼生の分布様式を調べるため、富山湾沿岸付近の海域において、LNP ネット (直径 0.45 m, 目合 0.335 mm) および MTD ネット (直径 0.56 m, 目合 0.351 mm) による採集調査を行った。

幼生の個体数密度は、神通川河口 (Sta. 7)、庄川・小矢部川河口 (Sta. 4)、常願寺川河口 (Sta. 9) 付近の海域で高く、変態後 (デカポデイド期) も同様の調査地点で多く採集された (Figs. 1-2)。また、幼生は昼夜ともに水深 100～150 m 層を中心に分布する傾向がみられた (Fig. 3)。

第4章 富山湾沿岸海域におけるシラエビの繁殖生態について

調査船および漁船を利用してシラエビを採集し、その中から雌を抽出して受精卵（外卵）の有無（抱卵の有無）等を観察した。また、外卵の発育段階を便宜的に4段階に分けた。

抱卵した雌は、季節をとおして出現し、その割合は44.2～94.1%を示した。また、外卵の発育段階組成には季節的な変動がみられ、ふ化直前卵（Stage 4）は、秋季～春季にかけて割合が高くなった（Fig. 4）。

第5章 シラエビの分布パターンと成長について

シラエビの採集は調査船を利用して行った。調査地点は、神通川河口海域の海底谷内にSta. 7、その縁辺海域の調査地点としてSta. 13およびSta. 15、また、常願寺川河口海域の海底谷内にSta. 9を設定した（Fig. 5）。

春季のSta. 7では、体長20～30 mmの小型群が多かった（Fig. 6）。体長40～60 mmの中型群については、Sta. 13やSta. 15において夏季～冬季にかけて主に出現し、体長60 mm以上の大型群については、Sta. 7およびSta. 9で多くみられた。また、月別に体長組成解析を行ったところ、4、6、7、12月に、新規加入群とみられるモードが確認され、それらの加入群が、15～19ヶ月後には体長60 mmを超えるサイズに移行していく様子が確認された（Fig. 7）。

第6章 富山湾沿岸海域に生息するシラエビの食性について

シラエビの食性を調査するため、漁船により採集を行った。採集したサンプルは、実体顕微鏡下で前胃を取り出して、その内容物を可能な限り分類した。

シラエビの前胃内から出現した食物生物は、ほとんどが細かく噛み砕かれた状態であり、種を同定することはできなかった。しかし、前胃内から平衡胞、耳石、顎板および大顎等の特徴的な部位が出現したことから、少なくともアミ類、オキアミ類、その他甲殻類（カイアシ類、端脚類、シラエビ等）、魚類、頭足類を摂餌していたことが判明した（Fig. 8）。特にアミ類とオキアミ類については、調査期間中常に前胃の中から出現し、その出現頻度は他の食物生物に比べても高かった（アミ類：45.5～88.0%；オキアミ類：13.6～54.2%）。また、シラエビの体長が増加するにつれて、アミ類を補食している個体の割合は増加した（Fig. 9）。

第7章 富山湾沿岸海域で漁獲されるシラエビの資源状況について

シラエビの年別漁獲量について、1978～2006年までは富山農林水産統計年報のデータを使用し、2007年については富山県水産研究所で収集したデータを使用した。また、4～11月までの漁期中における日別漁獲量について調査を行うため、水産研究所で収集した1985～2007年の日別漁獲量データを利用した。漁獲努力量については、聞き取りによる調査を行った。

年別漁獲量は、1978～2007 年の間において 222～691 t を示し、平均値±標準偏差は 507.3 ±146.4 t であった (Fig. 10)。主な傾向としては、1984～1985 年にかけて漁獲量が急激に減少し、1988 年まで少ない状態が継続した後、1989～1992 年にかけて増加傾向を示し、2000 年以降は横ばい状態となった。年別 CPUE も 1985～1988 年までは低い水準が続き、1989～1993 年にかけて増加した後、1994～1995 年に減少するが、1996～2000 年にかけて再び増加した。2001 年以降は横ばい傾向であった (Fig. 11)。日別 CPUE は、漁期中に増加がみられる年と、漁期が進むにつれて CPUE が徐々に減少していく年の 2 つのパターンがみられた (Fig. 12)。

第 8 章 総合考察

一般的に卵・仔稚魚期は、外部環境の影響を最も受けやすく、この時期の減耗度合いがその年の年級群の大きさを規定するとされている (中田, 1991)。シラエビについても、初期減耗の度合いにより資源水準が左右されることが想定されることから、初期減耗の要因について検証を行った。

初期減耗の要因として、まず、飢餓による死亡があげられるが (Hjort, 1914)、シラエビの幼生には卵黄があり、この卵黄を利用することによって無摂餌状態でも変態まで成長することが本研究により明らかにされた。従って、捕食能力が低い幼生期であっても、飢餓による減耗は生じにくいことが想定される。また、幼生が持つ飢餓耐性は、高密度による食物環境条件の悪化も緩和していると考えられる。

遊泳力が弱い幼生期における、食物生物の乏しい沖合海域への輸送もまた減耗の要因となることが指摘されている (中田, 1994)。しかし、シラエビの幼生は、河口海域にある海底谷付近で主にふ出され、その後もほとんど沖合海域へ逸散することなく、少なくとも体長 20～30 mm までは同じ海域に分布していることが本研究により明らかとなった。従って、シラエビの幼生は、卵黄が吸収された変態後も、逸散に起因した餌不足には陥りにくいものと考えられる。

初期減耗には被食による影響も指摘されている (山下, 1994)。例えば、船越 (1998) は、伊勢湾のイカナゴ資源量の変動要因の一つとして共食いをあげている。一方、シラエビでは、成体の前胃内から幼生はほとんど出現しなかった。このことから、成体による共食いの影響は少ないものとみられる。被食を受けやすくする要因としては、成長速度の低下も考えられる。シラエビの幼生は、水温が低い場合、成長の鈍化が起こることが確認されていることから、低水温による成長の鈍化が被食の確率を高める可能性が示唆される。特に幼生ふ出期の後半は、水温が最も低くなる時期 (内山ら, 2005) とも重なるため、この時期の低水温現象は、幼生の生残に大きく影響を及ぼすものと考えられる。

シラエビの年別 CPUE は、1989～2000 年にかけて増加傾向を示していた。加藤ら (2006) は、1988/89 年のレジームシフトにより、日本海の冬季～春季の水温が上昇したことを報告しており、このことは、幼生ふ出期後半の水温が上昇したことを示している。つまり、

1988/89年のレジームシフトにより、幼生の適水温帯を下回るリスクが減少したため、幼生の生残率上昇に結びついた可能性が示唆される。

以上の結果からシラエビの資源管理については、海洋環境のモニタリングをしっかりと実施することが必要不可欠である。特に冬季～春季の水温状況には注意を払い、低水温現象がみられた場合には、翌年の夏季～秋季の漁獲加入が少なくなることを想定して、漁期後半の漁獲努力の削減措置等を実施し、産卵親魚量の確保に努めていくことが重要である。また、春季も幼生ふ出期の一部にあたることから、漁期開始期における産卵親魚の確保も重要であると考えられる。従って、効果的な漁獲努力の削減方法としては、漁期の開始を遅らせることおよび漁期の終了を早めることが重要であると思われる。

引用文献

土井捷三郎. 2, 富山湾のシラエビ漁業. 富山湾の水産資源及び漁業に関する調査研究報告書 (第1報) 1976; 7-20.

Hjort J. Fluctuations in the great fisheries of northern Europe, viewed in the light of biological research. *Rapp. P. -v. Réun. Cons. int. Explor. Mer.* 1914; 20: 1-228.

船越茂雄, 伊勢湾におけるイカナゴ漁業. 「水産資源・漁業の管理技術」(北原 武編) 恒星社厚生閣, 東京. 1998; 61-69.

加藤 修, 中川倫寿, 松井繁明, 山田東也, 渡邊良朗. 沿岸・沖合定線観測データから示される日本海及び対馬海峡における水温の長期変動. 沿岸海洋研究 2006; 44: 19-24.

中田英昭. 仔稚魚の輸送・生残・加入にかかわる沿岸海洋過程. 沿岸海洋研究ノート 1991; 28: 195-220.

中田英昭. 輸送. 「魚類の初期減耗研究」(田中 克・渡邊良朗編) 恒星社厚生閣, 東京. 1994; 72-82.

南條暢聡. 富山湾のシロエビについて. 富水研だより 2008; 1: 6-7.

内山 勇, 林 清志, 小川嘉彦. 富山湾のホタルイカ漁況. 水産海洋研究 2005; 69: 271-283.

山下 洋. 被食. 「魚類の初期減耗研究」(田中 克・渡邊良朗編) 恒星社厚生閣, 東京. 1994; 60-71.

Table 1 Days after hatching to each molt with relation to water temperature conditions and prey food items in this study

Food items	The number of examined larvae	Water temperature (°C)	Days after hatching				The number of metamorphosed decapodid
			1st molt	2nd molt	3rd molt	4th molt	
Deposits	4	13	2-5	4-6	7-8	12-13	2
<i>Chlorella</i> sp.	3	13	2-4	5-7	8-9	12	1
<i>Pavlova lutheri</i>	4	5	2	—	—	—	0
	5	10	2-8	5-6	10-19	19	1+1*
	7	13	2-4	5	8	—	1*
<i>Brachionus plicatilis</i>	4	5	—	—	—	—	0
	3	10	6	11	19	—	1*
	5	13	2	4	7	12	2
No food items	4	5	—	—	—	—	0
	5	10	2-5	6	10	—	0
	7	13	2-3	4	7	12	1

* The number of larvae metamorphosed to decapodid after 3rd moult.

“—” means no data due to all larvae extinction after previous stage.

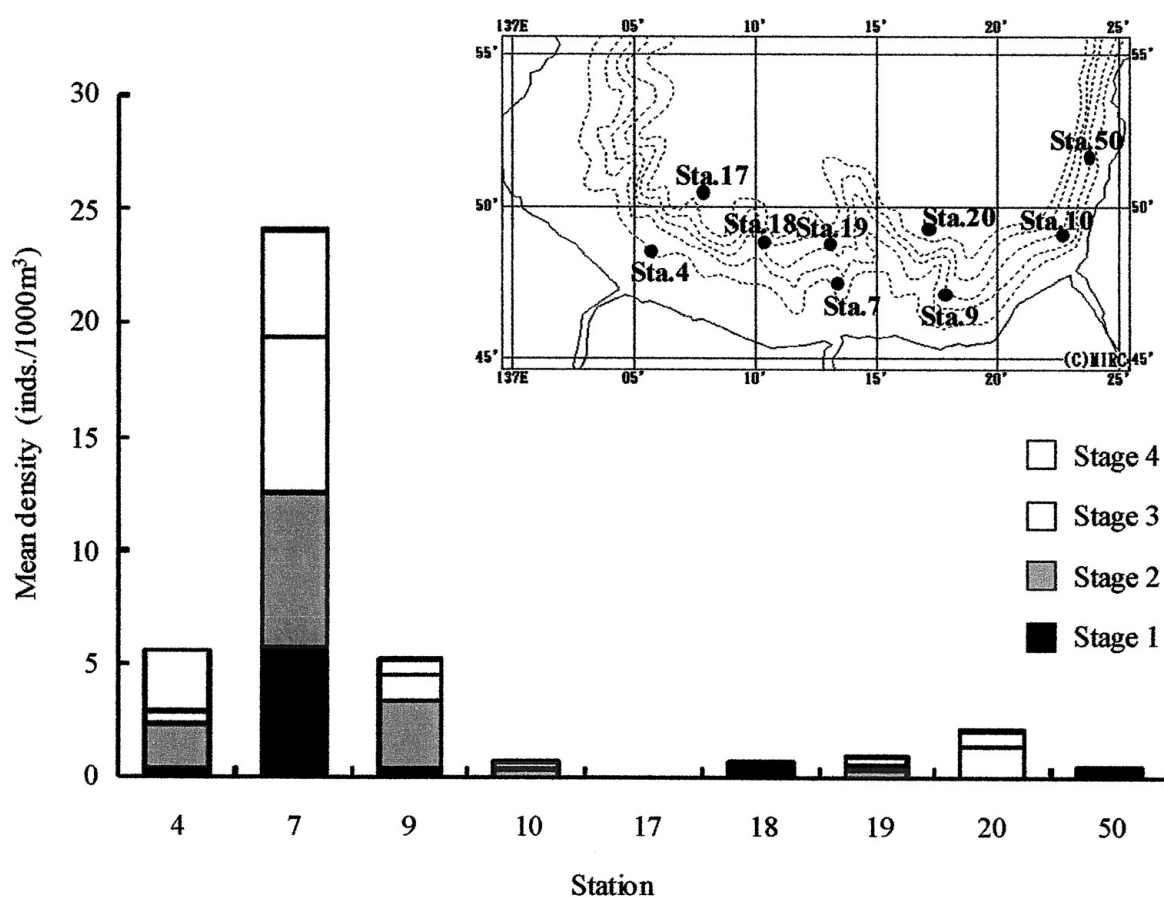


Fig. 1 Mean number of individual of larvae of *Pasiphaea japonica* collected by LNP net.

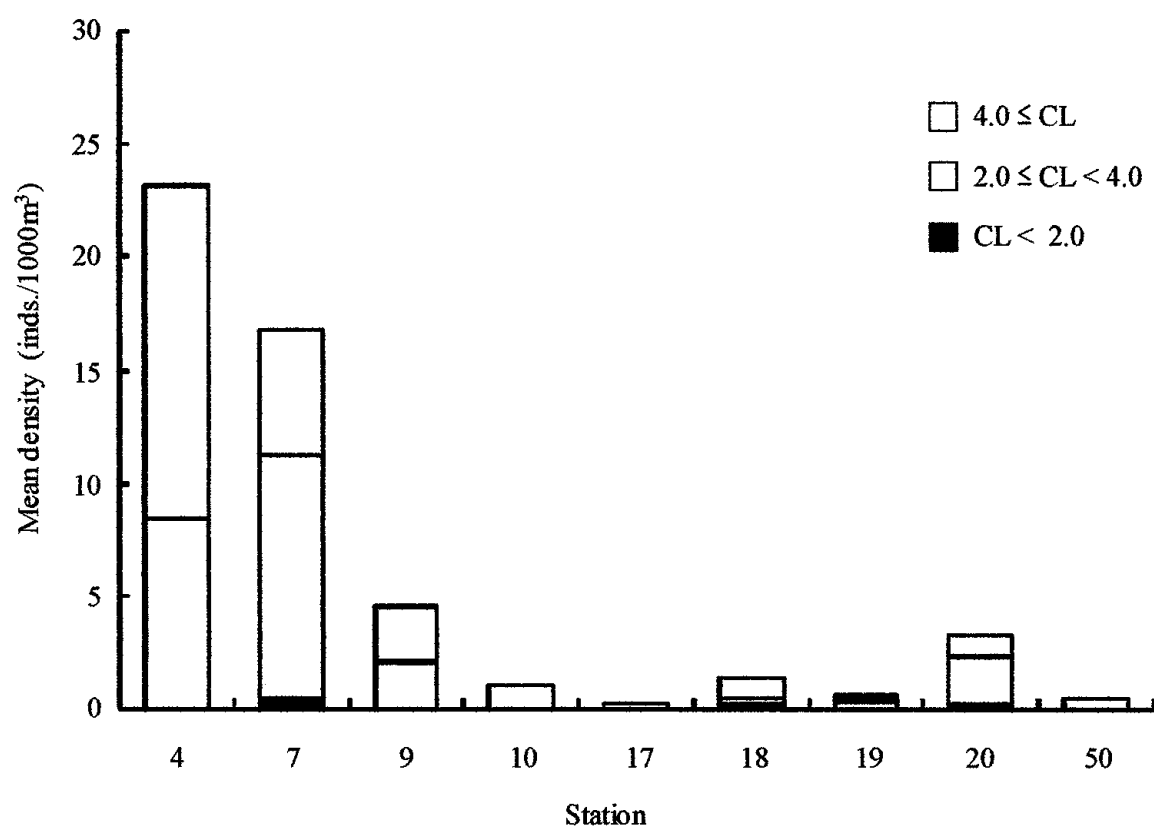


Fig. 2 Mean number of individual of decapodids of *Pasiphaea japonica* collected by LNP net.

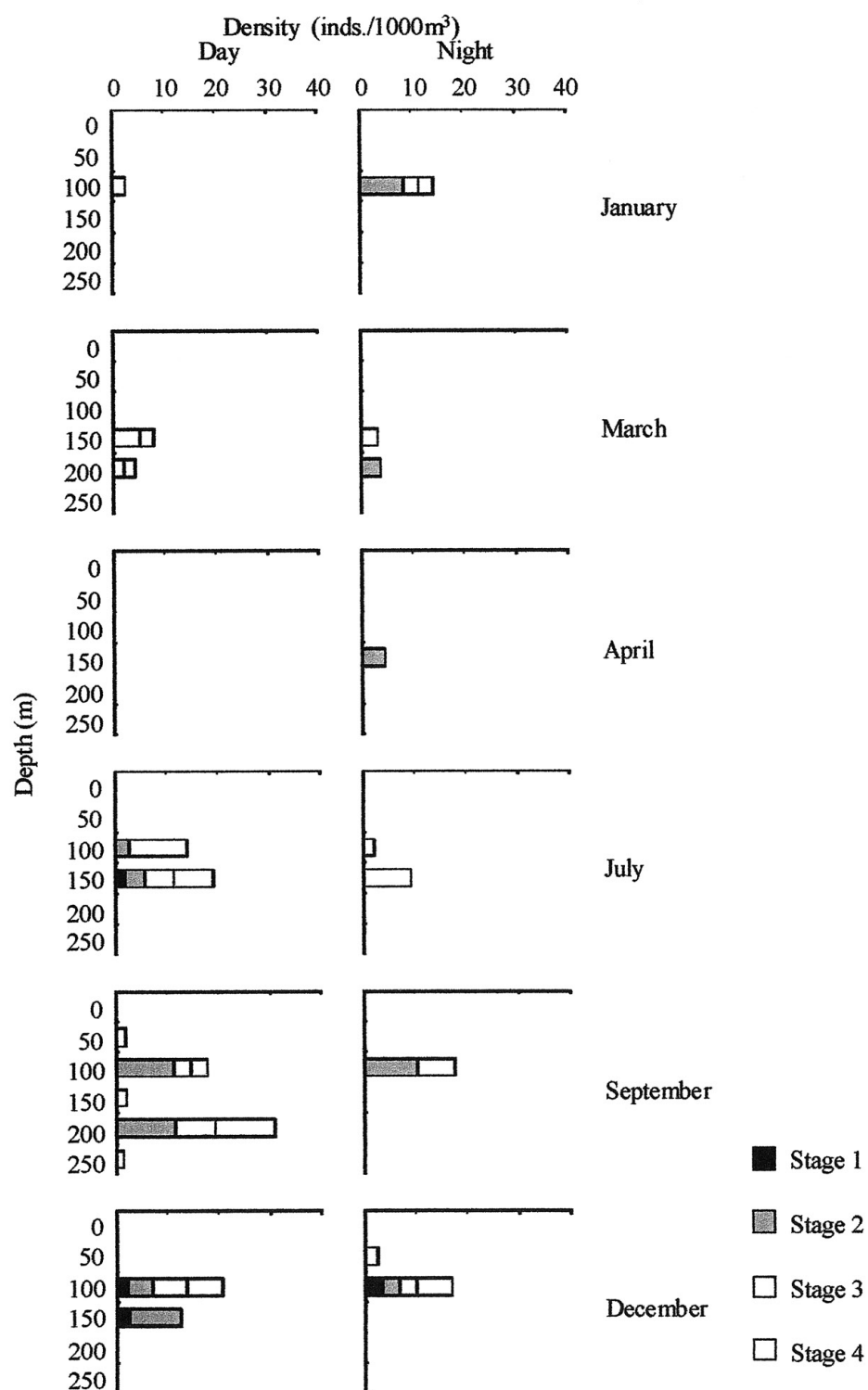


Fig. 3 Seasonal changes in diurnal and vertical distributions of *Pasiphaea japonica* larvae collected by MTD net.

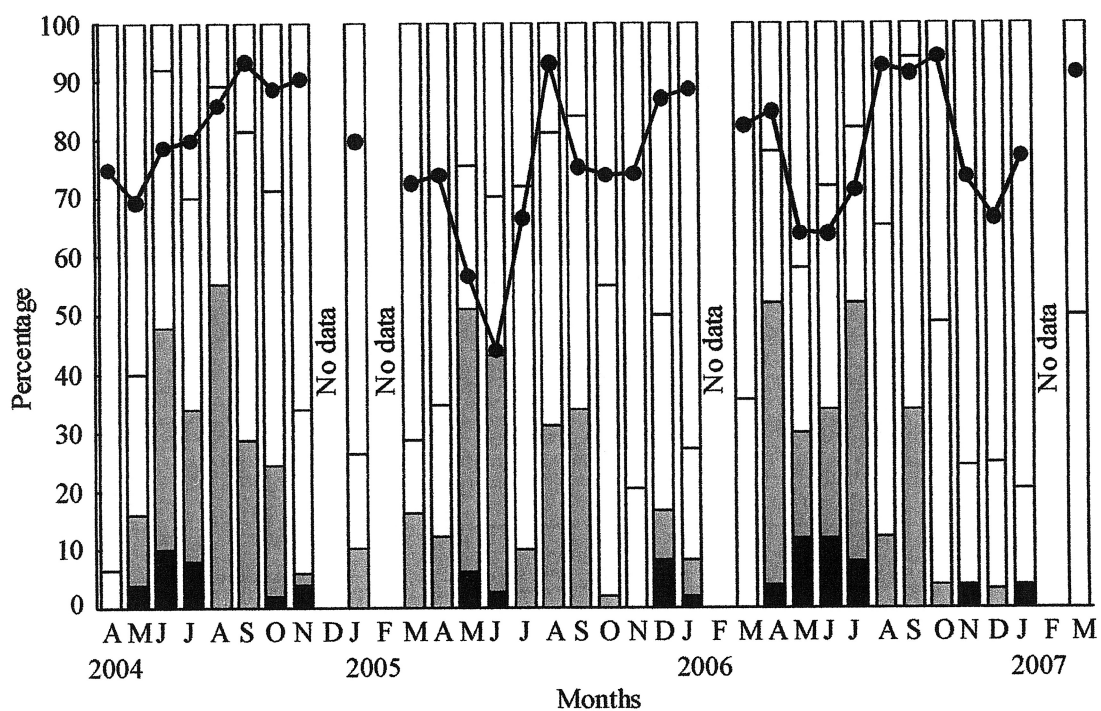


Fig. 4 Monthly changes in percentage occurrence of ovigerous females ≥ 57.9 mm body length during April 2004 through March 2007 (●—●) and percentage of developmental stages of embryos for *Pasiphaea japonica* in Toyama Bay: ■, Stage 1; ■, Stage 2; □, Stage 3; □, Stage 4.

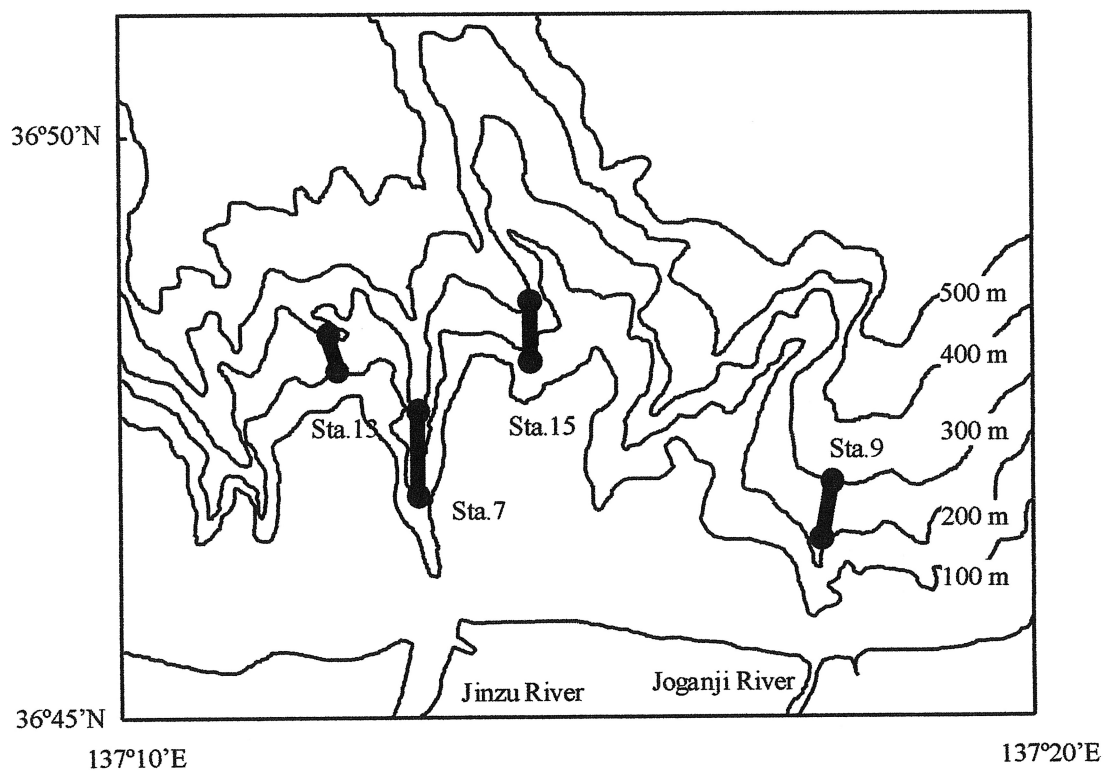


Fig. 5 Sampling areas by a research vessel in Toyama Bay, overlaid with isobaths of water depth with a interval of 100 m.

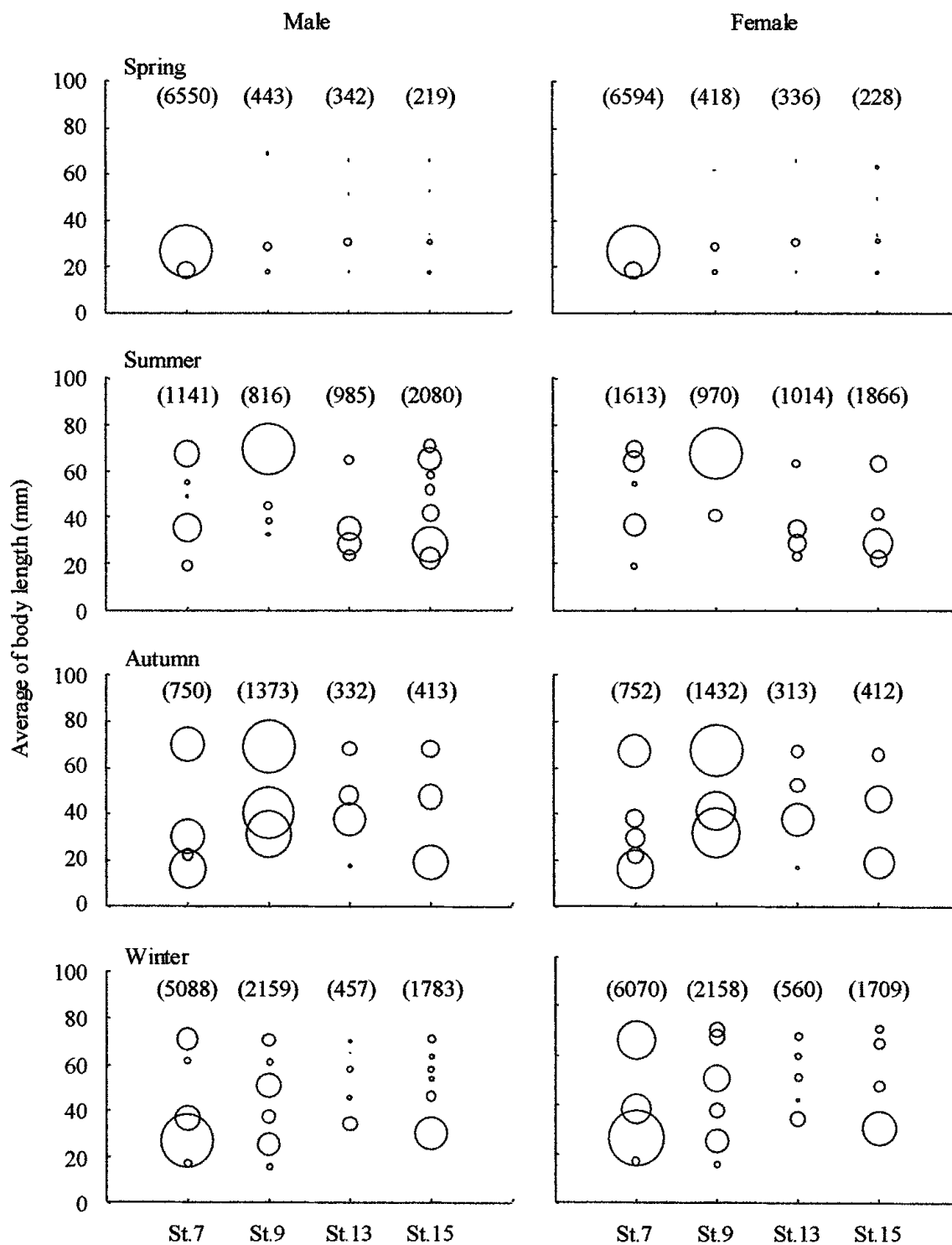


Fig. 6 Mean of normal distribution of body length of male and female separated by MS-Excel Solver in each stations. Spring: April-June; Summer: July-September; Autumn: October-December; Winter: January-March. Number in parentheses indicate sample size.

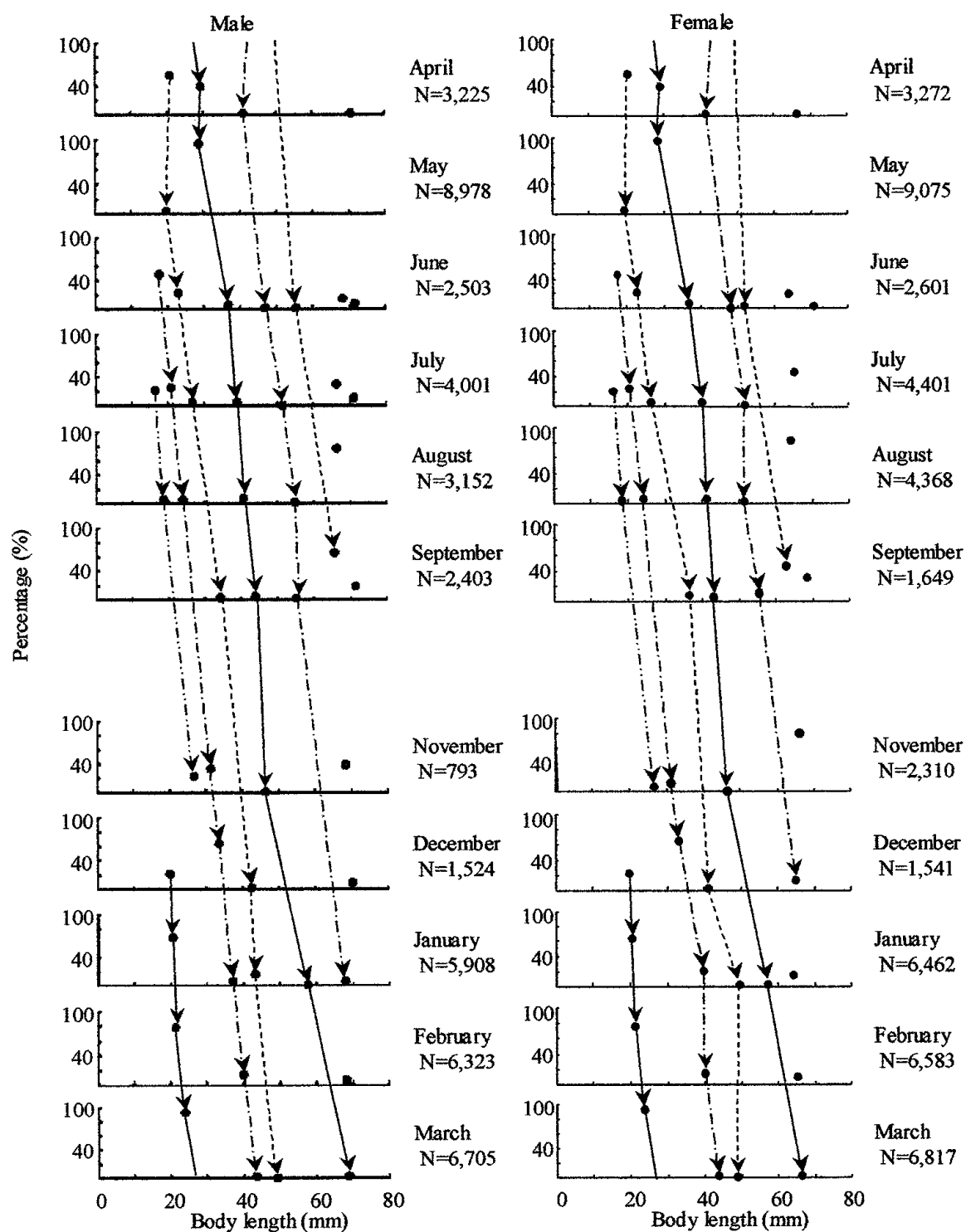


Fig. 7 Percentage of normal distributions of body length of *Pasiphaea japonica* separated by MS-Excel Solver. N: sample size.

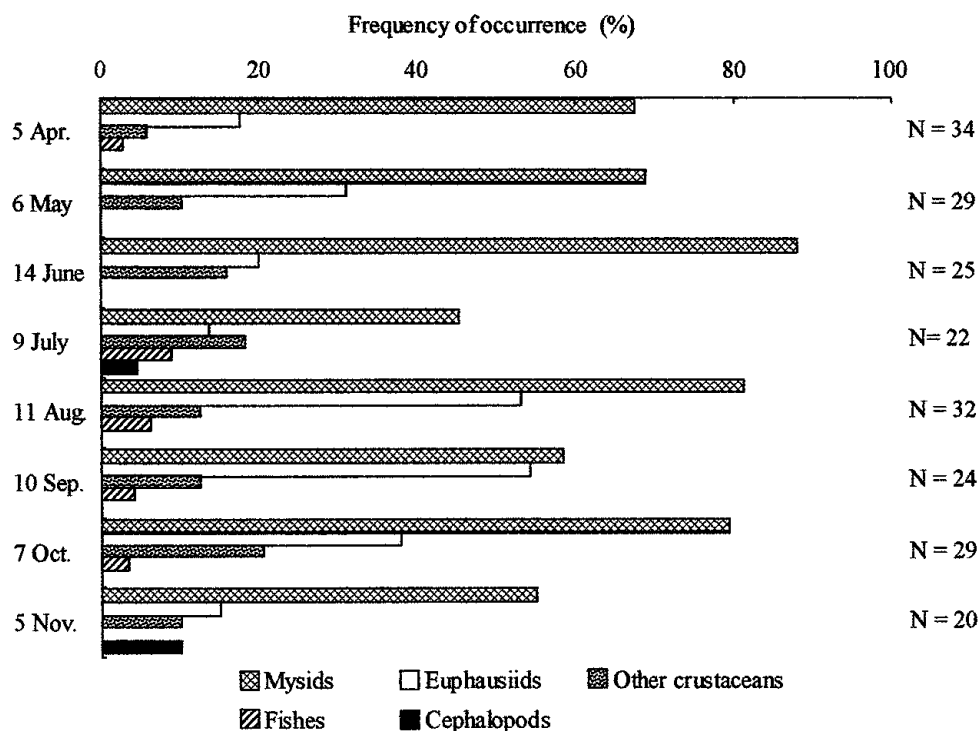


Fig. 8 Frequency occurrences of each prey in the foregut of *Pasiphaea japonica* from April to November, 2004. N: sample size.

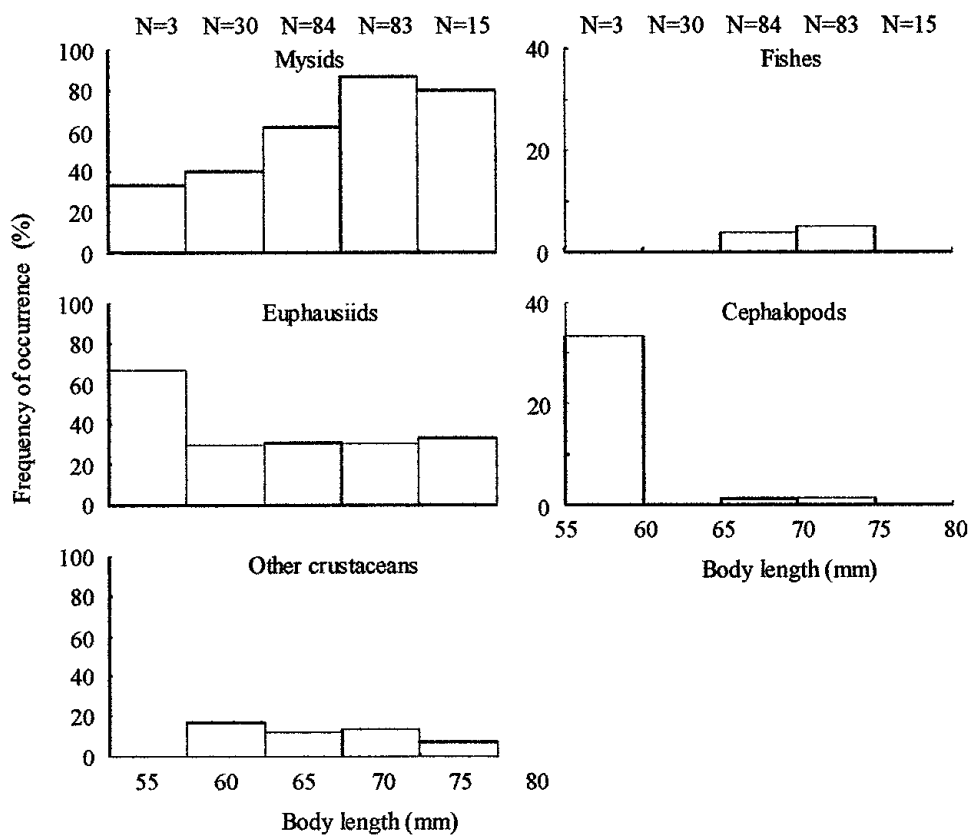


Fig. 9 Frequency occurrences of each prey in the foregut of *Pasiphaea japonica* by size class of body length (BL). N: sample size.

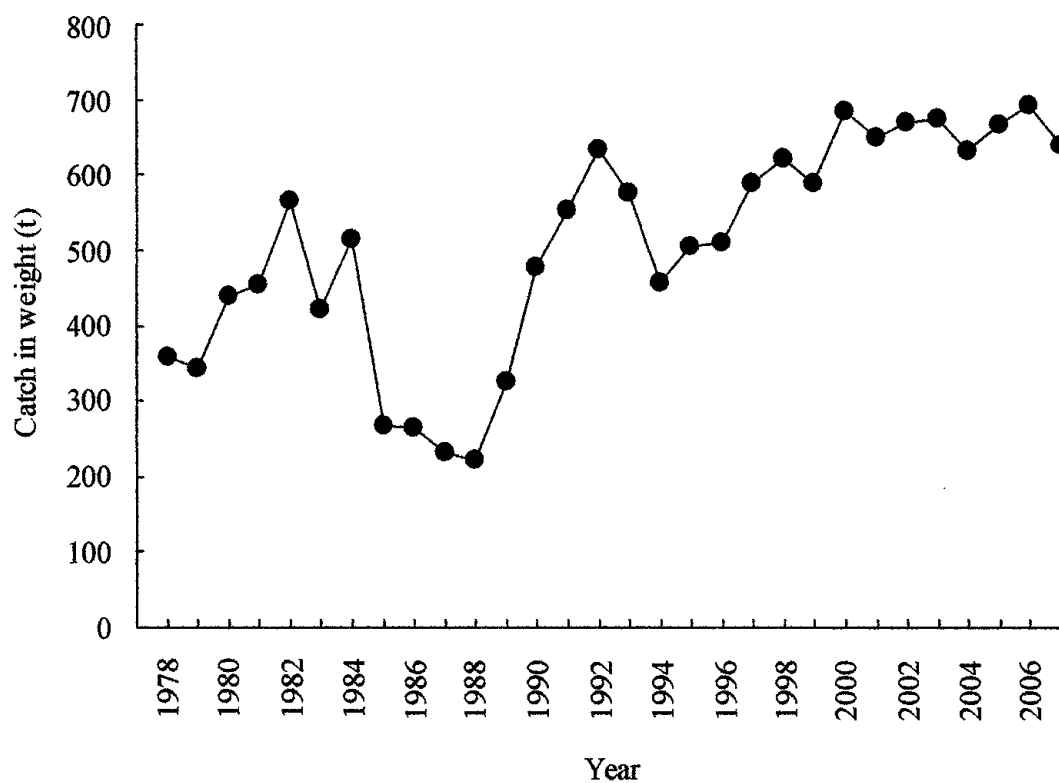


Fig. 10 Annual catch in weight of *Pasiphaea japonica* during fishing season in Toyama Bay.

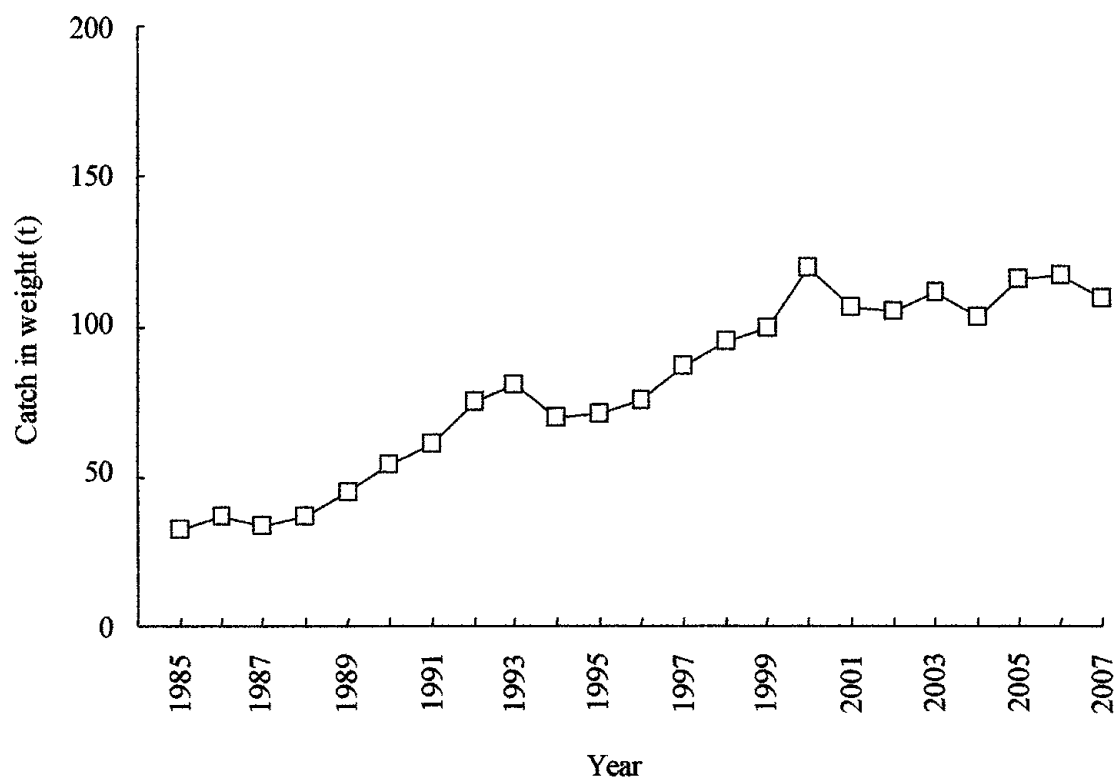


Fig. 11 Annual catch in weight of *Pasiphaea japonica* per unit of effort during fishing season in Toyama Bay.

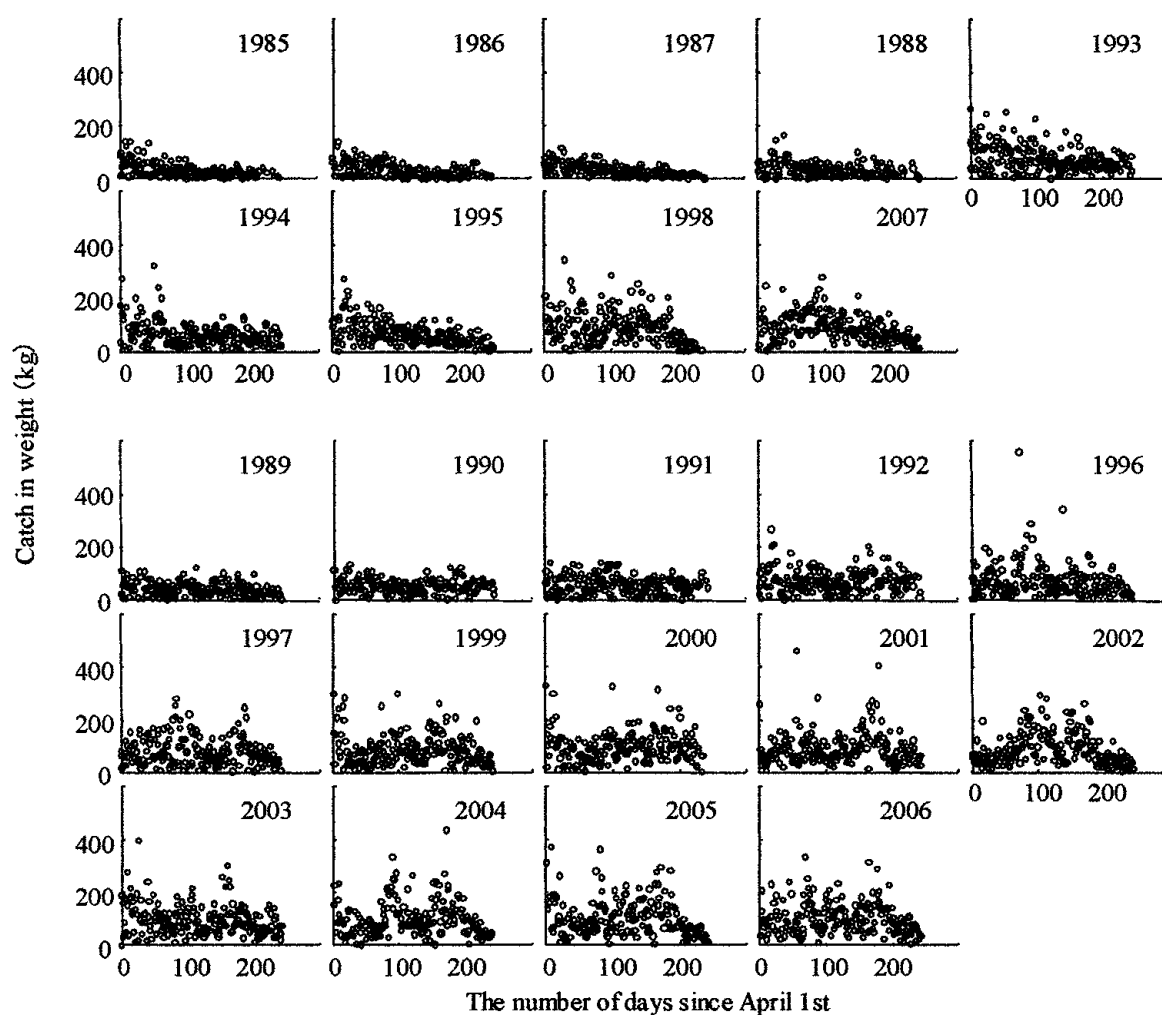


Fig. 12 Daily catch in weight of *Pasiphaea japonica* per unit of effort during fishing season in Toyama Bay. Plots in upper side showed that there are significant negative correlations between CPUE and days ($p < 0.001$). Plots in lower side showed that there are no significant correlations.

論文審査結果要旨

シラエビ (*Pasiphaea japonica*) は、水産物としての価値が高いことで知られ、富山県ではシラエビを専門とした漁業が行われている。年間漁獲量は、1952～1974年の平均値で 323 t、近年では 600～700 t まで増加している。このような状況において漁業関係者は、シラエビが再び資源低水準状態に陥ることを懸念するようになり、資源管理の意識も高くなってきた。

資源管理を行う上において、資源の変動機構を把握することは重要である。しかし、これまでシラエビの資源生態的知見は乏しく、過去に漁獲量が大きく減少した時もそのメカニズムは不明であった。このような漁獲動向を示す水産資源について、その資源変動機構を解明することは、学術的な意義のみならず、資源管理方策を検討する上でも重要である。

水産資源の変動機構を解明することにおいて、初期生態に関する情報は必要不可欠であり、発育初期の減耗度合いが、その年の年級群の大きさを主に規定していると考えられている。そこで、本研究では、富山湾におけるシラエビの資源変動機構を解明するため、初期生態を中心に生活史の全体像を明らかにし、資源変動様式に関する知見を得ることを目的とする。

幼生の形態発達過程と生育条件

シラエビの幼生は、3回または4回目の脱皮後に変態した。10°C の水温下では、変態までの期間が 19 日、13°C では、8～13 日であった。5°C では、変態する前に全ての試験個体が死亡した。幼生には卵黄があり、変態までは無給餌でも生残した。

富山湾沿岸海域における幼生の分布

シラエビの幼生は、海底谷付近に主に分布しており、変態後のデカポディッドも、幼生の分布と一致した。幼生は、ふ出後も逸散することなくデカポディッドまで成長することが示唆された。

富山湾沿岸海域におけるシラエビの繁殖生態

富山湾に生息するシラエビは、体長約 60 mm 以上の雌が産卵活動の主体であった。また、幼生をふ出させる雌は、一年を通して出現するが、その割合は、秋季～春季（10～5 月）にかけて高くなり、この期間が幼生ふ出の盛期であるとみられる。

シラエビの分布パターンと成長

体長 20～30 mm の小型群は主に海底谷付近の海域でみられた。体長 40～60 mm の中型群については、その縁辺海域に出現する傾向があった。体長 60 mm 以上の大型群については、海底谷を中心とした海域でみられた。また、海底谷付近では、発眼卵を持った雌の割合が高かった。雌は、着底から 14～16 ヶ月後に成熟体長に達することが推定された。

富山湾沿岸海域に生息するシラエビの食性

シラエビは、アミ類、オキアミ類を主に摂餌していた。また、成長するにつれて、海底付近に生息しているアミ類を摂餌する傾向が強くなった。

富山湾沿岸海域で漁獲されるシラエビの資源状況

月別漁獲量データから、漁期中に漁獲サイズに達した個体群の加入があると考えられた。1989～2000 年にかけて年別 CPUE が増加した。これは、春季に生まれて翌年の秋季に漁獲加入するパターンが良好な状態であったためと考えられる。

総合考察

幼生には飢餓耐性があり、貧栄養海域への逸散も少ないとみられる。従ってシラエビの主な減耗要因としては、水温低下に伴う成長の鈍化により、被食の確率が高まる可能性が考えられる。

シラエビは、産卵数が少なく、生活史が沿岸部の狭い海域内で完結している

ため、環境変化の影響を受けやすいのみならず、漁獲努力量の増加による資源の枯渇化も招きやすい。特に、春季発生群の加入量は漁獲量を左右し、低水温による影響が推測される。従って、海洋環境モニタリングを軸にした漁獲努力量の制限等の資源管理を行うことが必要である。

上記のようにシラエビの生活史を解明し、シラエビの資源変動メカニズムを明らかにしたことは、沿岸資源学的に大きな意義があり、新規性も高いと評価される。加えて、レジームシフトの影響の把握、生活史および資源変動要因に基づいた資源管理方策の提案したことは、資源管理方策の検討にも大きく貢献するものと思われる。